

**Региональная открытая конференция
по научно-техническому творчеству школьников
«Лабиринты науки»**

Изучение токсичности синтетических моющих
средств методом биотестирования

Работу выполнила

Ершова Евгения Максимовна
Ученица 11 «Ф» класса
ГОУ ЯО «Лицей №86»

Научные руководители

Волкова Лариса Вячеславовна
Учитель биологии
ГОУ ЯО «Лицей №86»

Фомичева Елена Михайловна
Доцент кафедры физиологии
человека и животных
ЯрГУ имени П.Г.Демидова

Ярославская область
Ярославль
2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	5
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	8
2.1. Характеристика тест-объекта.....	8
2.2. Характеристика СМС.....	8
2.3. Методы исследования.....	8
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	15
3.1. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Пемолюкс» на цериодафниях.....	15
3.2. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Наст» на цериодафниях.....	15
3.3. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Home Gnome Greenly» на цериодафниях...	16
3.4. Оценка токсичности синтетического моющего средства для изучаемых тест-объектов.....	17
3.5. Сравнение токсичности СМС «Пемолюкс», «Пемолюкс» и «Home Gnome Greenly».....	18
3.6. Оценка стабильности токсичности СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний.....	19
3.7. Оценка изменения качества среды в процессе самоочищения модельных водоёмов от СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний.....	19
4. ВЫВОДЫ.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	23
5. ПРИЛОЖЕНИЯ.....	25

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире актуальной проблемой является загрязнение окружающей среды химическими веществами. Химическое загрязнение – увеличение количества химических веществ определенной компоненты природной среды, а также привнесение в нее химических веществ в концентрациях, превышающих норму или не свойственных ей.

Химические загрязнения относятся к наиболее часто реализуемому виду загрязнений, производимых вследствие многообразной хозяйственной деятельности человека. Основными и наиболее опасными загрязняющими окружающую среду химическими веществами являются тяжёлые металлы (ртуть, свинец, кадмий и другие), пестициды, аэрозоли токсикантов (марганца и окиси хрома), нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, угарного газа, сажи и других.

Характер химических выбросов в окружающую систему предприятиями различен, и определяется спецификой их производственной деятельности: на всех этапах добычи, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов происходит загрязнение атмосферы сероводородом, фенолом, формальдегидом; через разливы и сточные воды происходит выброс в почву и водоёмы аммиачного азота, бензина, керосина, активного хлора, нитратов, этилена.

Продолжающееся увеличение количества и разнообразие новых промышленных предприятий, химических производств, различных транспортных средств, химизация сельского хозяйства приводят к нарастающему загрязнению окружающей среды всевозможными химическими веществами.

Но, несмотря на это, бытовая химия и химические вещества, содержащиеся в продуктах ежедневного использования, стали одним из главных источников загрязнения воздуха в городах. Эти вещества содержатся в продуктах на основе нефти, таких как чистящие жидкости и

краски. Попадая в окружающую среду, синтетические моющие средства (далее по тексту - СМС) могут образовывать вредные для здоровья частицы.

Меня сильно заинтересовала эта тема, и я решила проверить на токсичность некоторые моющие средства, которыми пользуюсь.

Цель исследования заключается в токсикологической оценке СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly» методом биотестирования на цериодафниях *Ceriodaphnia affinis*.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить диапазон летальных концентраций и медианную летальную концентрацию СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly».
2. Оценить токсичность СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly»
3. Сравнить токсичность СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly».
4. Провести оценку стабильности токсичности наиболее токсичного СМС из исследуемых.
5. Провести оценку изменения качества среды в процессе самоочищения модельных водоёмов от наиболее токсичного СМС из исследуемых.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Вода составляет основу жизни, играя исключительную роль в процессах обмена веществ, а для многих живых существ вода служит средой обитания [Абрамзон, 1981].

Антропогенное воздействие человека на водотоки становится всё более многообразным. Зарегулирование рек, поступление в них промышленных и бытовых сточных вод в значительной степени оказывают отрицательное влияние на них. На всех стадиях своего развития человек был неразрывно связан с природой. Но опасное вмешательство человека в природу с каждым днем резко усиливается [Абрамзон, 1979].

Одним из источников токсического загрязнения вод является широко применяемые в народном хозяйстве и быту синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), которые являются компонентом синтетических моющих средств. Загрязнение окружающей среды химическими соединениями достигает колоссальных масштабов, а проблема загрязнения СМС занимает одно из лидирующих мест в мире [Полина, 2012].

В настоящее время, вследствие резко возросших масштабов промышленной деятельности человека, одной из острых проблем в экологии является поступление СМС, входящих в их состав в окружающую среду вместе с промышленными стоками. На сегодня детергенты стали основными компонентами препаратов бытовой химии, в результате чего их проникновение в среду обитания человека приняло глобальный характер [Щербань, 2013]. Они не способны самостоятельно утилизироваться и являются одним из приоритетных загрязнителей водных экосистем. СМС оказывают пагубное воздействие, как на обитателей водоемов, так и на процессы, происходящие в них [Николаев, 2007], а именно: изменяют органолептические свойства воды; влияют на способность водоемов к самоочищению; понижают поверхностное натяжение воды, что приводит к гибели организмов, живущих в воде; вызывают эвтрофикацию водоемов,

следствием чего является гибель всех подводных обитателей [Новиков, 1983].

Человек страдает от химического загрязнения: компоненты бытовой химии проникают в организм через водные растворы, из постиранной одежды и с продуктами питания – молоком, питьевой водой, овощами, рыбой. СМС вызывают и способствуют развитию различных заболеваний. Стремительное увеличение количества аллергиков, людей, страдающих сахарным диабетом, онкологическими заболеваниями и бесплодием — лишь известные нам последствия химического загрязнения [Волощенко, 1983].

Применение организмов, реагирующих на загрязнение среды обитания изменением визуальных признаков, становится очень популярным и имеет преимущества над физико-химическими методами [Маркина, 2012].

СМС подразделяются на несколько видов:

1. Для стирки изделий из хлопчатобумажных и льняных тканей;
2. Для стирки изделий из шелка, шерсти, искусственных и синтетических тканей;
3. Универсальные
4. Для замачивания белья и других бытовых нужд
5. Специального назначения

По составу СМС бывают без перекисных соединений и биодобавок, например, полимерных, и с ними в составе.

Не все моющие средства являются настолько безопасными, как об этом говорится в рекламе. Надписи на упаковках некоторой продукции говорят о том, что производители признают отрицательное влияние содержащихся в средствах веществ на организм человека. СМС могут попасть в организм человека с водой при купании или во время приема пищи. Самыми опасными для человека химическими веществами являются ПАВ, хлор, формальдегиды, нитробензол, фенолы и крезолы. Они приводят к пропаданию защитной оболочки кожи, разрушению структуры волос, раздражению дыхательных путей и глаз, угнетению нервной системы.

Также сточные воды, содержащие остатки СМС, могут оказывать влияние на развитие организмов. СМС, попадая в окружающую среду, изменяют её кислотно-щелочной баланс, тогда как организмы приспособлены к определённому значению pH.

Рассмотрим действие СМС на примере водоёма. Когда значение pH падает до 4.5 - 5.0 может погибнуть большое количество водных организмов, являющихся основой пищевой цепи. При увеличении pH более 9.0 вода тоже становится непригодной для жизни большей части организмов.

Уменьшение величины pH может привести к переходу в воду ионов металлов, которые содержатся в донных отложениях обычно осаждаются на дно с частицами взвеси.

Приоритетное направление развития отрасли бытовой химии на ближайшее время — экологическое. Тенденция продиктована постепенным ужесточением экологических нормативов (в Европе — в большей степени), возросшим потребительским спросом на экологичные продукты, а также интересом бизнеса к созданию «зеленого» имиджа [Грачева, 2016].

В России все больше внимания уделяется экологической безопасности продукции. Рынок бытовой химии тоже следует «зеленому» тренду [Кузнецова, 2017].

В условиях постоянного увеличения количества новых химических веществ, поступающих в обращение, актуальной проблемой является их изучение в целях получения информации о потенциальной опасности веществ и разработки профилактических мероприятий, предусматривающих предотвращение неблагоприятного воздействия на организм человека и окружающую среду [Федосеева, 2007].

Необходимость исследования стабильности токсичности обусловлена тем, что химико-аналитические определения не позволяют оценить остаточную суммарную токсичность вещества и продуктов его превращения [Приказ].

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Характеристика тест-объекта

В качестве тест-объекта используется вид *Ceriodaphnia affinis* - цериодафнии. Относится к низшим ракообразным, отряду ветвистоусых (Cladocera), семейству дафний (Daphniidae), роду цериодафний (*Ceriodaphnia*). Населяет неглубокие, преимущественно небольшие озера, пруды, садки, реки и разнообразные маленькие водоемы. Тело цериодафний овальное, заключено в хитиновую прозрачную раковинку, створки раковины на брюшной стороне не соединены, образуют щель. Тело нечетко сегментировано на головной, грудной и брюшной (абдоминальный) отделы. Впереди, под головным отделом, находятся две маленькие антенулы, вооруженные осязательными щетинками. По бокам головы расположены две задние сильно развитые антенны, служащие для скачкообразного передвижения в толще воды. В грудном отделе расположено пять пар грудных ножек, которые покрыты многочисленными щетинками, участвующими в процессе фильтрации воды, питания и дыхания. Сердце находится на спинной стороне грудного отдела.

2.2. Характеристика СМС

В работе использовали три синтетических моющих средства, разные по составу.

В состав чистящего средства «Пемолукс» входит: <5% амфотерные ПАВ (поверхностно-активное вещество),отдушка; природный молотый мрамор, сода, сульфат натрия, краситель, антибактериальный компонент.

В состав средства от накипи «Наст» входит: < 5,0% анионные ПАВ (поверхностно-активное вещество), фосфонаты; 15,0% - 30,0% фосфаты, цитраты.

В состав стирального биопорошка «Home Gnome Greenly» входит: 15-30% карбоната натрия/гидрокарбоната, 5-15% отбеливателя на основе кислорода, менее 5% жирных ксилированных спиртов, активатор отбеливания.

2.3. Методы исследования

Для оценки токсичности СМС использован дафниевый тест. Дафниевый метод биотестирования основан на определении изменений выживаемости при воздействии токсических веществ, содержащихся в тестируемой воде или растворе токсиканта по сравнению с контролем.

Выделяют кратковременное и длительное биотестирование. Кратковременное биотестирование на цериодафниях проводят в течение 48 часов. Проведение острых токсикологических экспериментов позволяет определить острое токсическое действие раствора вещества на цериодафний по показателю выживаемости. Критерием токсичности является гибель 50% и более рачков за 48 часов в тестируемом растворе вещества по сравнению с контролем.

Исследование проводилось в лаборатории Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова на кафедре физиологии человека и животных.

Острые опыты проводятся в краткосрочном эксперименте для предварительной оценки степени токсичности и выявления острой токсичной концентрации вещества.

Острое токсическое действие исследуемого раствора на цериодафний определяется по их летальности (смертности) за определённый период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50% и более цериодафний за 48 часов в исследуемом растворе при условии, что в контроле гибель не превышает 10%. В экспериментах по определению острого токсического действия устанавливают:

- летальную концентрацию исследуемого вещества, вызывающую гибель 100% тест-организмов (LC_{100});
- среднюю (медианную) летальную концентрацию исследуемого вещества, вызывающую гибель 50% и более тест-организмов (LC_{50});
- безвредную (не вызывающую эффекта острой токсичности) концентрацию вещества, вызывающую гибель не более 10% тест-организмов (LC_0).

Для постановки острого опыта на цериодафниях готовится ряд разведений исследуемого вещества, состоящий из нескольких концентраций. Опыты ставятся в 3 параллельных сериях. В 10 пузырьков объёмом 15 мл вносится исследуемый раствор, в каждую из концентраций помещается по 1 односуточной цериодафнии. Цериодафнии отлавливаются пипеткой.

Вначале сажают цериодафний в контрольную, а затем в тестируемую воду. При тестировании серии разбавлений посадку ведут от большего разбавления к меньшему. Модельные (рабочие) растворы токсиканта готовятся на отстоянной – культивационной (биологизированной) воде (или воде из условно чистого водоема) путем разбавления основного (маточного) раствора в 2^n раз, где $n = 0, 1, 2, 3...$ (например: в 0, 2, 4, 8, 16 и т.д. раз), либо в 10^n , где $n = 0, 1, 2, 3...$ (например: в 0, 10, 100, 1000 и т.д. раз), либо составляется ряд концентраций в геометрической прогрессии, с коэффициентом 0,1. Аналогичным способом ставится контроль.

В качестве растворителя или разбавителя для приготовления концентрированных растворов используется дистиллированная вода. Модельные (рабочие) растворы токсиканта готовятся на отстоянной – аэрированной культивационной воде. Все ёмкости с цериодафниями помещаются в шкаф-люминостат с искусственным освещением и температурой не ниже 20°C .

Учёт выживаемости дафний проводится через 48 часов после внесения цериодафний в ёмкости с раствором. Цериодафнии считаются выжившими, если они свободно передвигаются в растворах или поднимаются со дна в течении 15 секунд после встряхивания.

Результаты исследований вносятся в таблицу, предварительно обработанные по формуле (1):

$$A = \frac{X_k - X_r}{X_k} \cdot 100\%,$$

x – количество выживших особей в одной повторности: контрольного раствора – X_k ; тестируемого раствора – X_t .

Для получения точного значения концентрации, вызывающей гибель 50% цериодафний за 48 часов экспозиции, используется графический метод определения LC_{50} с применением пробит-анализа.

По литературным данным токсические вещества для водных организмов подразделяют по степени острой токсичности на следующие группы:

- особотоксичные LC_{50} до 0,5 мг/л;
- высокотоксичные LC_{50} от 0,5 до 5,0 мг/л;
- среднетоксичные LC_{50} от 5,0 до 50,0 мг/л;
- малотоксичные LC_{50} от 50,0 до 500,0 мг/л;
- очень слаботоксичные LC_{50} более 500,0 мг/л.

Для постановки серии экспериментов для изучения стабильности токсичности СМС в хроническом эксперименте по показателю выживаемости цериодафний подвергается одна концентрация вещества - ЛК за 24 ч, которая устанавливается для организма в соответствии с общими требованиями для опытов на острую токсичность вещества.

Раствор вещества данной концентрации ($ЛК_{50}$) за 24 ч вносили в восемь емкостей, при этом каждая емкость соответствует постановке эксперимента в определенный день исследований.

На исходные (0) сутки, далее на 3, на 5, на 7, на 10, на 15, на 20 и на 30 сутки от начала эксперимента в соответствующие емкости вносили по одинаковому количеству тест-объектов (по 10 экземпляров). Перед каждым внесением тест-объектов в емкость с раствором, емкость тщательно перемешивают. Через 24 ч после внесения организмов в емкость, учитывали число погибших и удаляли их из емкости. Опыты проводили в 2-кратной повторности. Каждому варианту опыта соответствовал двойной контроль. Первый контроль – параллельно постановке растворов с токсикантом выставляли колбы с отстоянной аэрированной водой на тот же период

экспозиции, что и опытный вариант. Второй контроль – колбы с отстоянной аэрированной водой на 24 часа, согласно графику проверки токсичности в опытных вариантах. Таким образом проверялась возможность гибели рачков из-за снижения содержания кислорода в контрольной воде.

Постановка серии экспериментов для изучения изменения качества среды в процессе самоочищения модельных водоёмов от токсиканта предполагает формирование в начале эксперимента определенной токсичности среды путем внесения в микрокосм токсиканта в концентрации, вызывающей гибель 80 – 100% цериодафний в остром опыте, т.е. в концентрации большей, чем средняя летальная (LC50-48). Методика основана на изучении влияния растительных и животных гидробионтов и их искусственных сообществ на процессы очищения воды микрокосмов от токсических веществ методом дафниевых тестов. Показателем улучшения или ухудшения качества воды в микрокосмах и влияния на него различных факторов служит увеличение или снижение количества выживших в остром (48-часовом) опыте цериодафний в пробах воды, взятых из водоемов с разными комбинациями биотических и абиотических факторов через определенные промежутки времени на протяжении всего периода наблюдения за микрокосмами. Для создания искусственного водоема (биокозма) стеклянные емкости объемом 5 литров заполняются культивационной водой до отметки 4 литра и нумеруются с указанием варианта и даты формирования биокозма. Для получения модельного раствора в пронумерованные емкости вносится токсическое вещество в одинаковом для всех вариантов (кроме контрольного – I В) количестве, соответствующем удвоенной медианной летальной концентрации ($2 \cdot LC_{50}$). Биоконпоненты (гидробионты) вносятся в готовый раствор в зависимости от варианта биокозма.

Варианты биокозмов:

- I В. - Контроль
- II В. - раствор токсиканта

- III В. - раствор токсиканта + макрофиты
- IV В. - раствор токсиканта + моллюски
- V В. - раствор токсиканта + макрофиты + моллюски
- VI В. - Контроль + макрофиты
- VII В.- Контроль + моллюски
- VIII В. Контроль + макрофиты + моллюски

В качестве критерия токсичности в остром опыте принимается показатель выживаемости цериодафний в пробах тестируемого раствора каждого варианта водоемов за период острого опыта

Показателем изменения качества воды в микрокосмах является повышение (или снижение) выживаемости цериодафний в пробах воды, взятых из биокосмов через определенные промежутки времени в течение всего периода наблюдения за водоемами.

Биотестирование проб воды микрокосмов проводится по стандартной методике на цериодафниях

Первая серия проб отбирается в день формирования биокосмов (1-е сутки) и ставится дафниевый тест на 48 часов. Затем отбор проб и постановка теста на рачках производится через равные промежутки времени, например на каждые 7 суток эксперимента.

После отбора проб воды биокосмов на дафниевый тест производится анализ состояния макрофитов и моллюсков по изменению их массы в III, IV и V вариантах биокосмов. Для этого макрофиты вынимаются из раствора и взвешиваются после отделения пожелтевших и погибших частей растения. Взвешивание осуществляется либо после обсушивания на фильтровальной бумаге. Обработка результатов производится методами вариационной статистики. Для этого рассчитывают:

М – среднее арифметическое показателей выживаемости из
трех повторностей для каждой пробы исследуемой воды конкретного
варианта биокосмов:

$$M = \frac{\sum x}{n} ,$$

где n – количество повторностей;

$\sum x$ – сумма отдельных вариантов;

x – (варианта) количество выживших дафний в одной повторности.

По результатам дафниевого теста построить гистограмму (рис. 5), отражающую изменение токсичности растворов – по изменению выживаемости цериодафний, ось Y – под действием тех или иных факторов среды (абиотических и биотических) в каждом из вариантов биокосмов за время экспозиции, ось X.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Пемолюкс» на цериодафниях.

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Пемолюкс» (См. таблица 1 Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций СМС «Пемолюкс» по показателю выживаемости цериодафний).

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 46% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности составил 6%. При концентрации 100 мг/л и ниже выживаемость цериодафний составила 100%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре.

Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС в растворе (См. рисунок 1 Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Пемолюкс» в растворе в приложениях)

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 2,65, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 454,7 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «Пемолюкс».

3.2. Определение диапазона летальных концентраций медианной летальной концентрации СМС «Наст» на цериодафниях

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Наст» (См. таблица 2 Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций СМС «Наст» по показателю выживаемости цериодафний в приложениях).

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 100% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности также составил 100%. При концентрации 100 мг/л летальность составила 66%, а в концентрации 10 мг/л – 6%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре.

Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС в растворе (См. рисунок 2. Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Наст» в растворе в приложениях).

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 1,69, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 44,6 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «Наст».

3.3. Определение диапазона летальных концентраций и медианной летальной концентрации СМС «Home Gnome Greenly» на цериодафниях

Методом биотестирования были установлены диапазоны летальных концентраций для СМС «Home Gnome Greenly» (См. таблица 3 Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций «Home Gnome Greenly» по показателю выживаемости цериодафний в приложениях)

В остром опыте в концентрации 500 мг/л наблюдалась гибель 100% тест-организмов. При концентрации 250 мг/л процент летальности также составил 100%. При концентрации 100 мг/л летальность составила 73%, а в концентрации 10 мг/л – 33%.

В контроле выживаемость составила 100%, что соответствует требованиям к контрольной культуре. Для нахождения медианной летальной концентрации был использован графический метод линейной зависимости пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации МС в

растворе (См. рисунок 3 Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Home Gnome Greenly» в растворе в приложениях).

Пробитное значение 5 соответствует логарифму концентрации раствора токсиканта – 1,33, вызывающей гибель 50 % цериодафний за 48 часов. Логарифм концентрации переводится в значение концентрации $\lg C_{50}$ и соответствует концентрации 21,38 мг/л. Таким образом была найдена медианная летальная концентрация для СМС «Home Gnome Greenly».

3.4. Оценка токсичности синтетического моющего средства для изучаемых тест-объектов

По данным литературы токсические вещества для водных организмов подразделяют по степени острой токсичности на следующие группы:

- особотоксичные LC_{50} до 0,5 мг/л;
- высокотоксичные LC_{50} от 0,5 до 5,0 мг/л;
- среднетоксичные LC_{50} от 5,0 до 50,0 мг/л
- малотоксичные LC_{50} от 50,0 до 500,0 мг/л
- очень слаботоксичные LC_{50} более 500,0 мг/л

Таким образом, по результатам острого токсикологического опыта можно сказать, что СМС «Пемолюкс» для *Ceriodaphnia affinis* является **малотоксичным** (LC_{50} от 50,0 мг/л до 500 мг/л).

Синтетическое моющее средство «Наст» по результатам острого токсикологического эксперимента является **среднетоксичным** (LC_{50} от 5,0 мг/л до 50,0 мг/л).

Биопорошок «Home Gnome Greenly» по результатам острого токсикологического эксперимента также является **среднетоксичным** (LC_{50} от 5,0 мг/л до 50,0 мг/л).

3.5. Сравнение токсичности СМС «Пемолюкс», «Пемолюкс» и «Home Gnome Greenly»

В ходе исследования были получены медианные летальные концентрации СМС «Пемолюкс», «Наст» и «Home Gnome Greenly» для

цериодафний (См. таблица 4 Сравнение медианной летальной концентрации СМС).

Таким образом, по результатам острого токсикологического эксперимента и значению медианной летальной концентрации можно сделать вывод, что наибольшей токсичностью для гидробионтов обладает СМС «Home Gnome Greenly», а наименьшей СМС «Пемолукс».

3.6. Оценка стабильности токсичности СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний

Поскольку из всех рассмотренных СМС, наиболее токсичным по результатам исследования является СМС «Home Gnome Greenly», дополнительно была проведена оценка стабильности токсичности данного СМС, для оценки его поведения в окружающей среде в случае попадания в водный объект. (См. таблица 5 Гибель тест-организмов (%) в растворе СМС «Home Gnome Greenly» по суткам экспозиции (среднее 2-х повторностей в приложениях)

На основании представленных данных построили точечную диаграмму изменения гибели тест-организмов за 30 суток в растворе СМС «Home Gnome Greenly» с концентрацией равной 21 мг/л (См. рисунок 4 Динамика гибели тест-организмов за 30 суток в растворе СМС «Home Gnome Greenly» с ЛК₅₀ за 24 ч. в приложениях).

Выявлено динамичное изменение токсичности СМС. На 3 сутки эксперимента токсичность раствора снизилась до 30% от первоначальных 50%. К 7 суткам летальность упала до 7%, но потом на протяжении следующих суток до 30 дня экспозиции токсичность постепенно повышалась по показателю летальности цериодафний, достигнув 50% на 30 сутки.

Таким образом, полученные результаты по LC₅₀ и стабильности токсичности показывают, что СМС «Home Gnome Greenly» нельзя отнести к экологичной продукции, т.к. он обладает относительно высокой токсичностью и ее стабильностью.

3.7. Оценка изменения качества среды в процессе самоочищения модельных водоёмов от СМС «Home Gnome Greenly» по показателю летальности цериодафний

Поскольку из всех рассмотренных СМС, наиболее токсичным по результатам исследования является СМС «Home Gnome Greenly», дополнительно была проведена оценка изменения качества среды в процессе самоочищения модельных водоёмов.

На основании полученных данных была построена диаграмма изменения гибели тест-организмов за 37 суток в 8 различных модельных водоемах: контроль, контроль с помещенным в него моллюсков(1), контроль с помещенным в него макрофитом(2), контроль с помещенными в него макрофитом и моллюском(3,4), раствор токсиканта, раствор токсиканта с помещенным в него моллюском(5), раствор токсиканта с помещенным в него макрофитом(6), раствор токсиканта с помещенными в него макрофитом и моллюском(7,8) (См рисунок 5 Динамика гибели тест-организмов за 37 суток в модельных водоёмах)

Выявлено динамическое изменение токсичности СМС, различное в модельных водоемах. В водоёме, в состав которого входил только токсикант выживаемость составляла 0% с 3 до 10 суток, на 17 сутки возросла до 8.8%, а на 24 до 30%, после чего начала снижаться и на 31 сутки составила 9.9%, а к концу эксперимента на 38 сутки - 20%.

В растворе токсиканта, содержащего макрофит (элодею), уже на 10 сутки процент выживаемости составил 23.2%, на 17- 41.7%, на 24 и 31 сутки - 90%, а на 38 вырос до 96,6%.

В модельных водоемах с моллюсками в присутствии токсиканта (моллюск; моллюск и макрофит), моллюски не выдерживали данной среды и погибали, и мы получили следующие результаты: в растворе токсиканта с моллюском выживаемость цериодафний на 10 сутки составила 6.6%, после чего упала до 0 при проверке на 17 и 24 сутки. На 31 сутки она вновь выросла до 13.3%, а на последний день эксперимента составила 23.3%. В

растворе токсиканта, содержащего и макрофит и моллюска, процент выживаемости был равен 0 до 24 суток, на 31 сутки он составил 9.9%, а на 38 - 25.6%. Также стоит отметить, что макрофит, находящийся в растворе токсиканта с моллюском, погиб, а макрофиты, находящиеся в остальных растворах, уменьшились в массе и длине, а также моллюски находящиеся в растворе токсиканта и в растворе токсиканта с макрофитом умерли на 7 сутки, и при повторной посадке уже другие моллюски также умирали в течение недели. (См таблица 6 Изменение веса гибрионтов в процессе самоочищения микрокосма от СМС «Home Gnome Greenly»).

Тем не менее необходимо отметить, что процессы самоочищения наиболее активно проходили в биокосме с элодеей, по сравнению с другими вариантами биокосмов. В биокосме с моллюсками, в результате их первоначальной гибели из-за токсичности для них СМС, происходило вторичное загрязнение модельного водоема. Это приводило к еще большему загрязнению модельного водоема, что отражалось в высоком проценте гибели цериодафний.

Полученные результаты показывают, что самоочищение среды от СМС «Home Gnome Greenly» возможно. Но для гидробионтов, находящихся в загрязненном данным соединением водоеме, среда может оказаться слишком токсичной и не пригодной для жизни.

ВЫВОДЫ

1. Медианная летальная концентрация СМС "Пемолюкс" для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 454,7 мг/л.
2. Медианная летальная концентрация СМС "Наст" для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 44,6 мг/л.
3. Медианная летальная концентрация СМС " Home Gnome Greenly" для пресноводных рачков цериодафний *Ceriodaphnia affinis* составляет 21,38 мг/л.
4. По результатам острого токсикологического эксперимента СМС «Пемолюкс» является **малотоксичным** веществом, СМС «Наст» и «Home Gnome Greenly» относятся к **среднетоксичным** для цериодафний.
5. По показателю летальности цериодафний СМС «Home Gnome Greenly» является наиболее токсичным веществом, по сравнению с СМС «Наст» и СМС «Пемос».
6. Синтетическое моющее средство, биопорошок «Home Gnome Greenly» обладает **относительно высокой стабильностью токсичности**. Выявлено динамичное изменение токсичности раствора: снижение летальности на 3, 9 сутки, и постепенное повышение летальности цериодафний к 30 суткам, что свидетельствует об увеличении токсичности раствора СМС.
7. Самоочищение среды от СМС «Home Gnome Greenly» возможно. Но для гидробионтов, находящихся в загрязненном данным соединением водоеме, среда может оказаться слишком токсичной и не пригодной для жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Не все СМС имеют сильную токсичность и приносят вред окружающей среде. Токсичность СМС зависит от их состава и стабильности токсических свойств, входящих в них соединений.

Желательно использовать вещества, обладающие меньшей токсичностью и персистентностью, которые не наносят вред окружающей среде. Для минимизации оказываемого вреда, лучше использовать вещества в небольшой концентрации.

Требуется дополнительное изучение токсичности СМС различных по составу, для выявления наиболее безопасных для окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение - 2-е изд., перераб. и доп. —Л.: Химия, 1981. — 304 с.
2. Абрамзон А.А. и др. Поверхностно-активные вещества. Справочник. – Л.: Химия, 1979. – 376с.
3. Грачева Ю.А., Гусева Ю.В. Сертификация экобезопасности товаров бытовой химии // НП «Экологический союз» . – 2016, – № 10. – С. 24 – 27.
4. Кузнецова Евгения Михайловна. Оценка экологической безопасности СМС по жизненному циклу в России // Бытовая химия. – 2017. – № 66. – С. 4-13.
5. Николаев П.В., Козлов Н.А., Петрова С.Н. Основы химии и технологии производства СМС: учебное пособие – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 116с.
6. Новиков Ю.В. Сохраняйте чистоту водоемов - М.: Медицина 1983, 80 с.
7. Полина И.Н. Основы токсикологии – Сыктывкар : СЛИ, 2012 – 56с.
8. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 04.08. 2009 № 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».
9. Рябухина, Е.В., Зарубин, С.Л. Биологические методы определения токсичности водной среды: Методические указания "Биотестирование". – Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 64 с.
10. Федосеева Т. А. Гигиеническое обоснование прогнозирующей способности альтернативного метода при оценке опасности моющих и

чистящих средств: тема дисс. и автореф. по ВАК РФ 14.00.07, канд. мед. наук. / 2007. –151 с.

11. Щербань Н.Г., Капустник В.А.; Медико-токсикологическое изучение поверхностно-активных веществ в связи с проблемой санитарной охраны источников питьевой воды; международный медицинский, 2013, № 2

12. Бытовая химия // www.bbc.com/russian/features-43091648

13. Химическое загрязнение окружающей среды: источники, виды, пути решения // greenologia.ru/eko-problemy/zagryaznenie-2.html

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций
СМС «Пемолукс» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация, мг/л	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	46	4.9
250	2.4	6	3.45
100	2	0	-
10	1	0	-

Рисунок 1

Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма
концентрации СМС «Пемолукс» в растворе

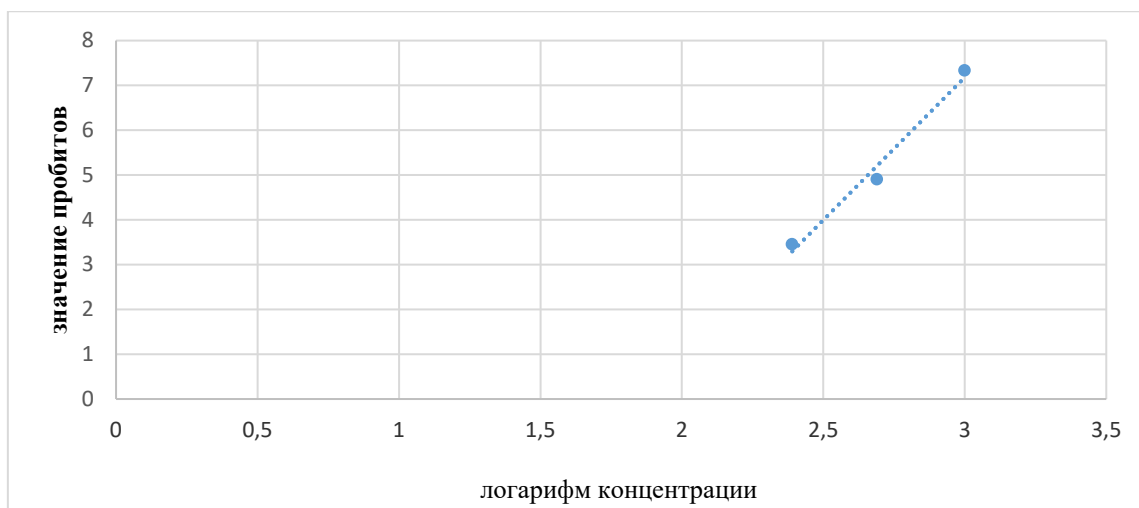


Таблица 2

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций

СМС «Наст» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	100	7.33
250	2.4	100	7.33
100	2	66	5.4
10	1	6	3.45

Рисунок 2

Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма

концентрации СМС «Наст» в растворе

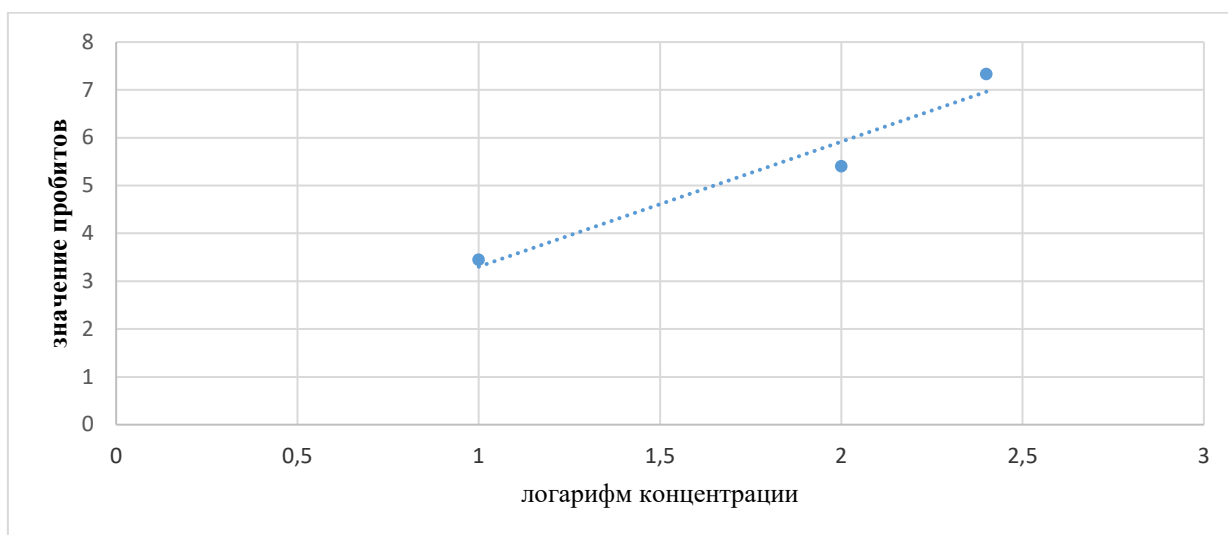


Таблица 3

Результаты исследования по определению диапазона летальных концентраций

«Home Gnome Greenly» по показателю выживаемости цериодафний

Концентрация	Десятичный логарифм концентрации (lgC)	Кол-во погибших цериодафний, летальность %	Значения пробитов для % гибели
500	2.7	100	7.33
250	2.4	100	7.33
100	2	73	5.61
10	1	33	4.56

Рисунок 3

Линейная зависимость пробитного значения гибели цериодафний от логарифма концентрации СМС «Home Gnome Greenly» в растворе

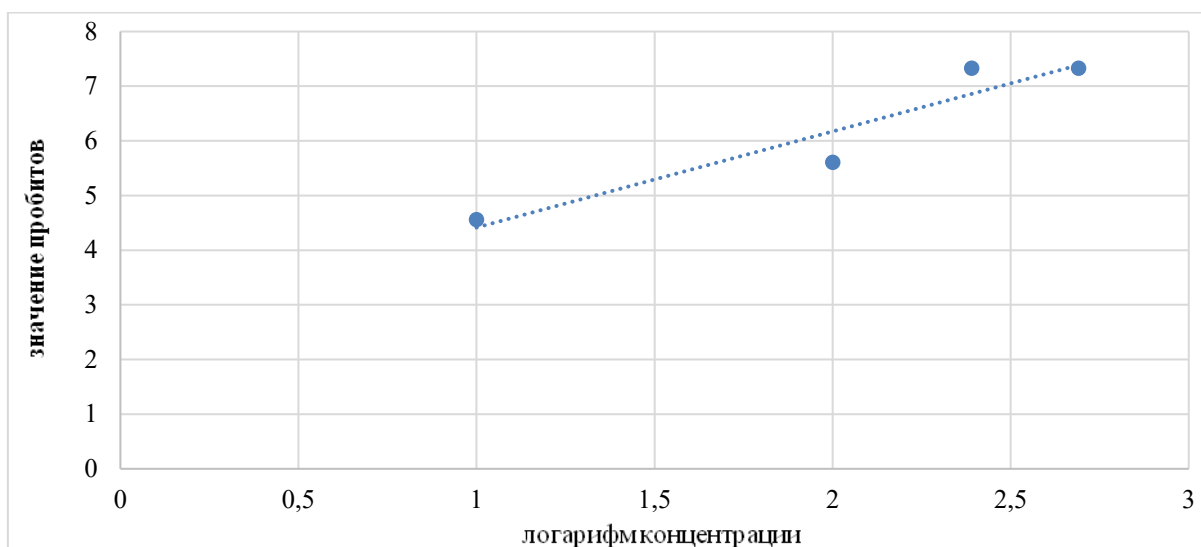


Таблица 4

Сравнение медианной летальной концентрации СМС

Синтетическое моющее средство	Медианная летальная концентрация (LC50), мг/л
Пемолюкс	454,7
Наст	44,6
Home Gnome Greenly	21,38

Рисунок 4

Динамика гибели тест-организмов за 30 суток в растворе

СМС «Home Gnome Greenly» с ЛК₅₀ за 24 ч

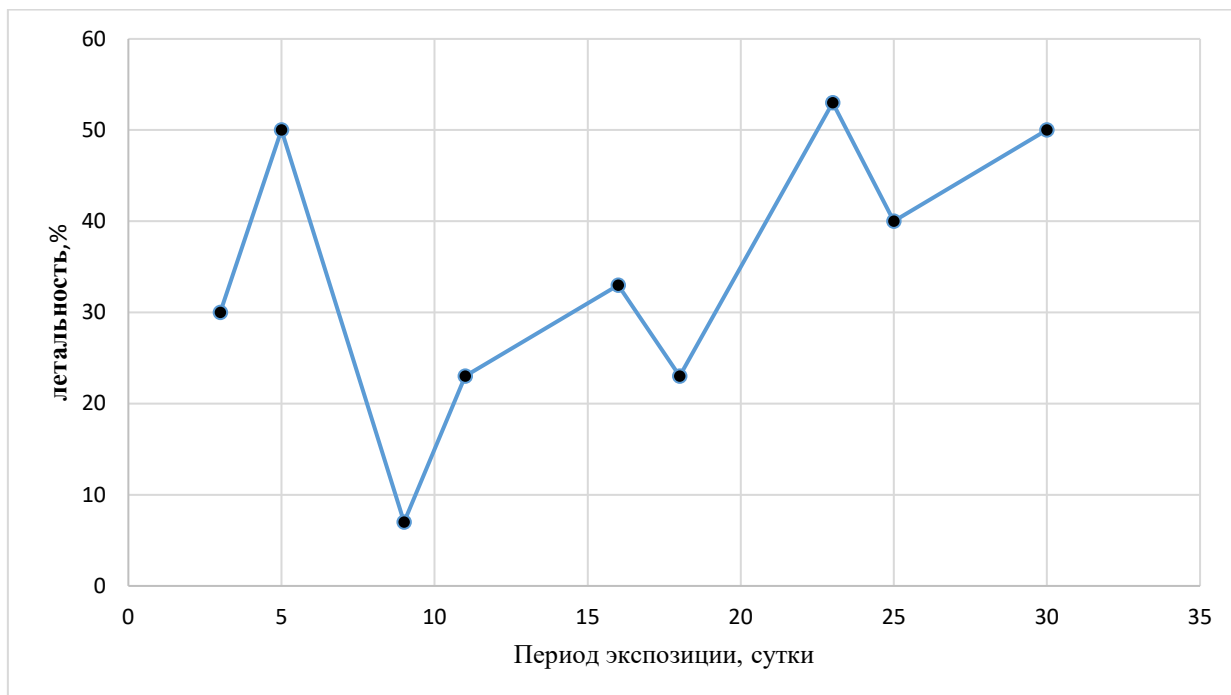


Таблица 5

Гибель тест-организмов (%) в растворе СМС «Home Gnome Greenly»

по суткам экспозиции (среднее 2-х повторностей)

Сутки	3	5	9	11	16	18	23	25	30
Летальность периодафний, %	30	50	7	23	33	23	53	40	50

Рисунок 5

Динамика гибели тест-организмов(%) за 38 суток в модельных водоёмах

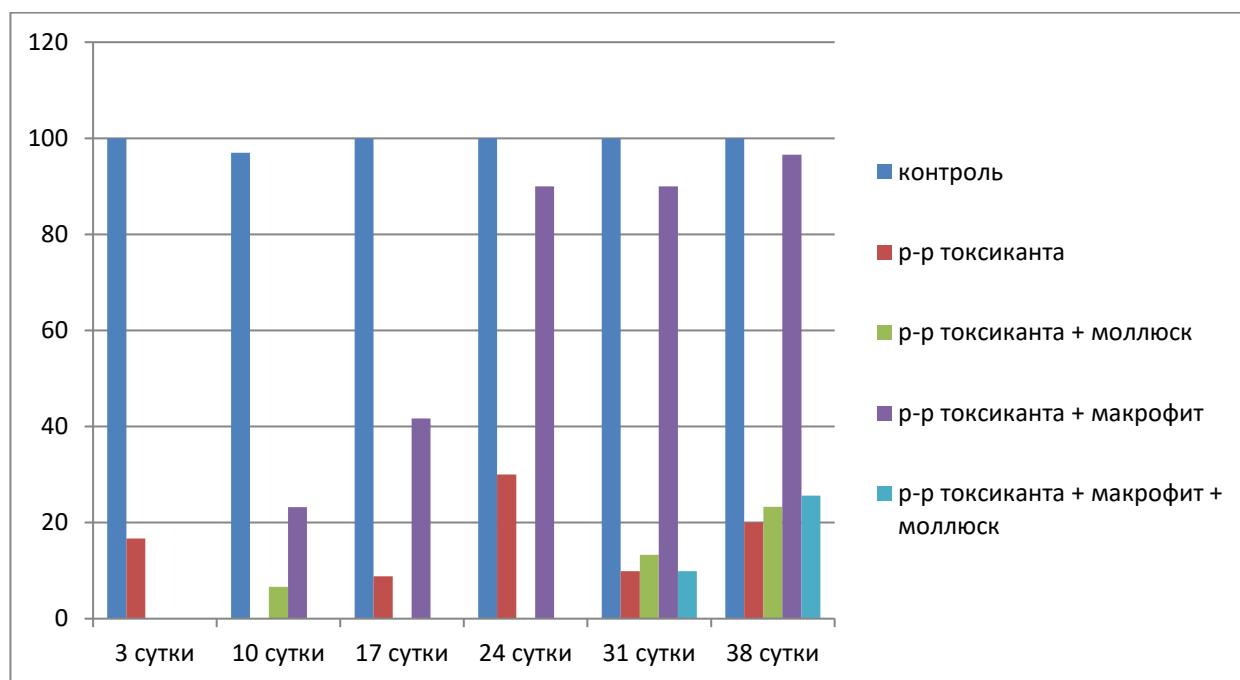


Таблица 6

Изменение веса гидробионтов в процессе самоочищения микрокосма от СМС «Home Gnome Greenly»

Вариант	Гидробионт	Сутки			
		8			
1	моллюск	29.03г	30.7г	29г	29.27г
2	элодея	10,5 см	10.1 см	11,3см	3,6 см
		0,89г	1.08г	1г	0,28г
3	моллюск	27,92г	27,02г	26.3г	26.32г
4	элодея	8,7см	8.5см	8.6см	6.7 см
		0,76г	0.84 г	0,7 г	0.32г
5	моллюск	30,26г	умер, нов: 19.59г	умер, нов: 29,2г	умер

6	элодея	9,3 см 0,6г	9,1см 0.72г	9см 0.7г	3.5 см 0,22г
7	моллюск	29.14г	умер, нов: 18г	умер, нов:21.5г	умер
8	элодея	9.7см 0.38г	9.7см 0.47г	дехлороз, опали листья	умерла